

High A/R Contact 평가를 위한 Tilt 평면 FIB-TEM 시편제작

Preparation of Tilted Plan-view FIB-TEM

Sample for High A/R Contact Analysis

최진태, 최근영, 김종협, 김원, 양준모, 박주철, 이순영

(주)하이닉스반도체 메모리(연) 분석개발팀

1. 서론

반도체 Device의 층간 배선 연결을 위하여 Contact 구조가 사용되고 있으며, Contact 은 일반적으로 Ti/TiN/W/Al/TiN 구조가 사용되고 있다. 그런데 이와 같은 Contact에서 Aspect-Ratio(A/R)가 커질수록 많은 문제들이 발생하는데 그 중 하나가 Contact의 Plug내 부에 W이 채워지지 않는 Plug Missing 불량이다. 이 불량의 발생정도는 Contact에서 Barrier층인 TiN의 Step Coverage에 영향을 받기 때문에 Contact의 Bottom뿐만 아니라 측 벽에서의 TiN 두께를 정밀하게 평가할 필요가 있다.

그러나 기존의 TEM 시편 제작 방법으로는 성공 확률이 매우 낮거나 시료 구조상 겹침에 의해 정확한 TiN 두께를 평가를 할 수가 없었다.

그래서 본 연구에서는 기존 TEM 시편제작방법의 문제점을 극복할 수 있는 새로운 시편제작 방법으로 FIB를 이용한 평면 Tilt TEM 시편제작 방법을 고안하였으며, 본 시편제작법을 이용하여 High A/R Contact에서 Contact 측벽의 Barrier 두께를 정밀하게 분석하고자 하였다. 또한 Contact에서 W Filling 정도 분석, DRAM 등 다층 구조 시편의 평면 Profile 등을 분석하였으며, 본 시편제작 방법을 응용하여 SEM 분석을 위한 시편 제작 방법을 개발하는 등 여러가지 분석 Item을 개발하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 시편제작 방법은 FIB를 이용한 기존 평면 TEM 시편 제작 방법을 Modify하여 최종 FIB에서 Milling할 때 Tilt하여 Milling함으로써 여러 층의 구조가 1개의 시편에서 관찰되도록 하였다.

분석에 사용된 시료 중 Contact의 Barrier 두께 분석을 위한 시료는 256M DRAM에서 가장 A/R가 큰(~1:10) M1 Contact으로서 M1 Contact Etch후 Barrier TiN을 Sputter 방법으로 200℃에서 900 Å Depo.한 후 Capping 목적으로 Oxide를 3000 Å Depo.하였으며, TEM 시편제작 후 Contact의 각 부위에서 Barrier의 두께를 분석하였다. 그리고 Contact에서 W Filling 정도를 분석하기 위한 시료는 Full Process를 거친 256M DRAM의 M1

Contact으로 W은 CVD 방법으로 450℃에서 Depo.하였다. DRAM의 전체 다층 평면 구조를 1개의 시편에서 분석하기 위한 시편과 SEM 분석을 위한 시편은 256M DRAM의 Memory Cell Array부를 이용하였다. TEM 시편제작에 사용된 FIB는 Micrion 2500이며, TEM 분석은 Philips CM200FEG를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1은 FIB를 이용한 Tilt 평면 TEM 시편제작 방법으로 제작된 시편의 SEM 사진이며, Figure 2는 Contact 분석시 본 시편제작 방법의 원리를 나타낸 모식도이다.

Figure 3 ~ Figure 5는 본 시편제작 방법을 이용하여 256M DRAM M1 Contact의 Barrier TiN 두께를 분석한 결과이며, Figure 3은 Contact의 깊이에 따른 Plan-view TEM Images로서 CD는 Top부에서 Bottom부로 내려올수록 커졌다가 다시 감소하는 것으로 나타났으며, 형상은 Top부에서는 원형이나 하부로 내려올수록 찌글찌글해짐을 알 수 있었다. 그리고 Contact 측벽에서의 TiN의 두께 변화는 Figure 4, Figure 5에서와 같이 Contact 상부에서 하부로 내려올수록 급격히 감소하는데 Contact Bottom부에서 약 1/3 정도의 높이에서 가장 얇게 나타났으며 그 두께는 약 30Å 정도로서 전체 Depo. 두께 900Å의 약 3% 정도이었다. Contact Bottom부로 갈수록 두께가 점점 더 얇아지지 않고 Bottom부에서 다시 두꺼워지는 것은 M1 Contact Etch시 Bit Line(BL)의 W이 M1 Contact Hole 측벽에 Re-depo.되었기 때문이다.(EDS 분석시 W 검출됨.) 256M DRAM의 실제 Device에서는 M1 Contact의 Barrier로 Sputter TiN의 경우 약 300Å을 Depo.하므로 Contact 측벽에서 TiN이 가장 얇은 곳은 약 10Å 정도가 되고, 공정 Variation 혹은 Bottom부 주름진 부분에서는 이보다 적은 양이 Depo.될 수 있기 때문에 10Å 이하가 될 가능성도 있는 것으로 추정된다. 이와 같이 Barrier TiN의 두께가 매우 얇을 경우 Contact 측벽의 Oxide에서 발생하는 Gas 등에 대한 Barrier로서의 역할을 제대로 할 수 없기 때문에 W Depo. 과정에서 Plug 내부에 W이 채워지지 않는 Plug Missing 불량이 발생할 가능성이 높아짐을 알 수 있었다.

Figure 6의 (a)는 본 시편제작법을 이용한 다른 분석 예로서 Full Process를 거친 256M DRAM의 M1 Contact에서 Plug 내부에 W이 Filling된 정도를 분석한 것이다. Figure 6의 (b)에서와 같이 기존 단면 시편제작 방법으로 분석할 경우 Plug 내부에 W이 Filling된 정도를 확인할 수 없으나 본 시편 제작 방법으로 분석하면 위치별 Contact의 형상 뿐만 아니라 Plug 내부에 W이 채워진 정도를 정확히 분석할 수 있다. Figure 6의 (c)는 Figure 6의 (a)를 바탕으로 실제 Contact의 형상을 추정하여 그린 것이다.

그리고 다른 응용 예로서 DRAM의 Memory Cell Array부 등에 대하여 본 시편제작 방법으로 시편을 제작하여 TEM으로 분석하면 1개의 시편제작으로 여러 Layer에 대한 평면 Profile을 분석할 수 있기 때문에 공정평가 혹은 Reverse Engineering 등에 매우 효

과적일 것으로 생각된다.

마지막으로 본 시편제작법을 응용하여 DRAM의 Memory Cell부 등을 FIB로 TEM 시편제작사와 비슷한 방법으로 한 면을 Tilt하여 Milling한 후 Chemical Dip 처리를 하여 SEM으로 분석하면 TEM 분석과 유사한 분석이 가능하며 그 외에도 여러가지 많은 응용 분석이 가능할 것으로 예상된다.

4. 결론

- 1) FIB를 이용하여 특정부위에 대한 Tilt 평면 TEM 시편제작 방법을 고안하였다.
- 2) 256M DRAM의 High A/R Contact에 대한 Contact 측벽의 Barrier TiN 두께를 정확히 분석할 수 있었으며, 실제 공정에서는 Barrier의 두께가 10 Å 이하로 얇을 가능성이 있기 때문에 W Plug Missing 불량률의 원인이 될 수 있음을 알 수 있다.
- 3) 256M DRAM에서 M1 Contact의 W Filling 정도를 정확히 분석할 수 있었다.
- 4) DRAM 등의 전체 평면 구조를 1개의 시편제작으로 가능하며 특히 공정 평가 혹은 Reverse Engineering 등에 효과적이다.
- 5) SEM 분석에 응용할 경우 TEM 분석에서와 같이 대부분의 분석 항목에 대해 분석이 가능하다.

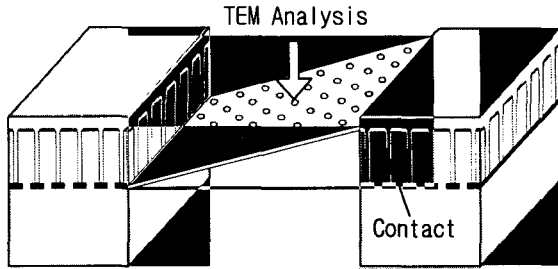
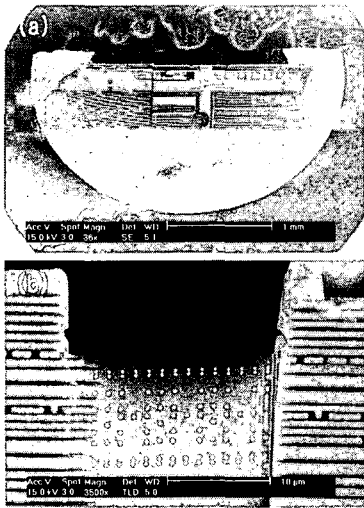


Figure 2. Schematic Diagram of Tilted Plan-view TEM Sample

← Figure 1. SEM Images of Tilted Plan-view TEM Sample (a) a Specimen Glued on the Cu Grid (b) FIB Thinned area

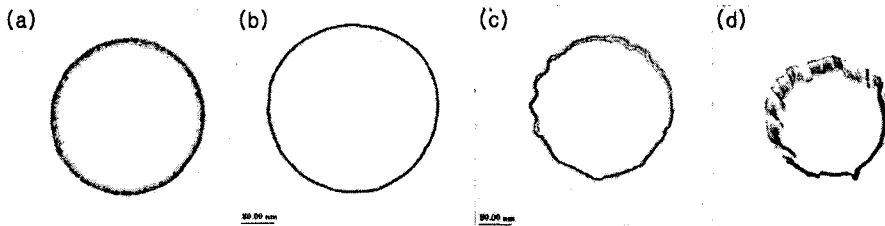


Figure 3. Plan-view TEM Images of Metal 1 Contact at Different Depth (a) Top (b) Upper (c) Lower (d) Bottom

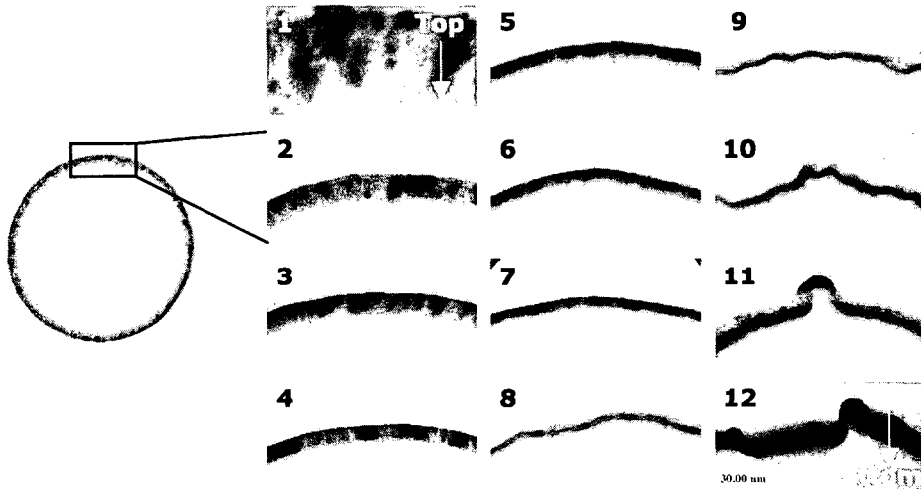


Figure 4. Plan-view TEM Images Showing the Thickness Variation of Barrier TiN from Top to Bottom

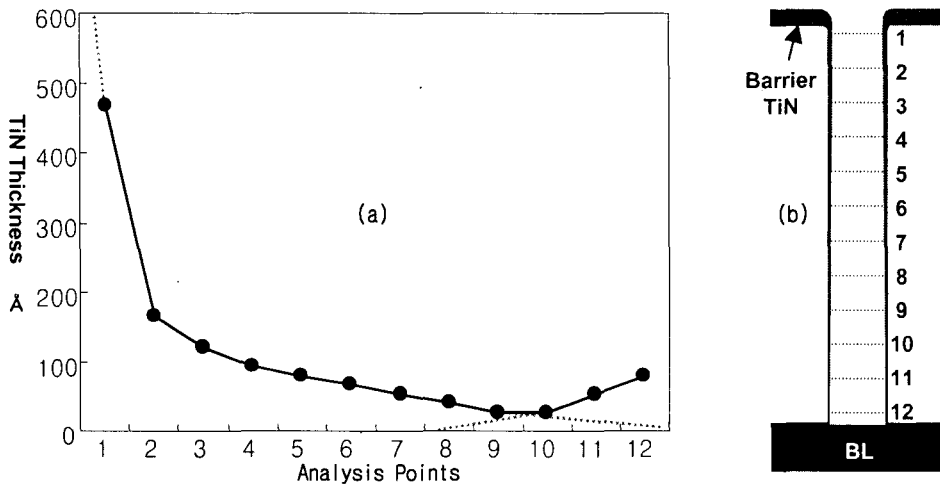


Figure 5. (a) Barrier TiN Thickness Variation at the Metal 1 Contact Side
(b) TEM Analysis Points

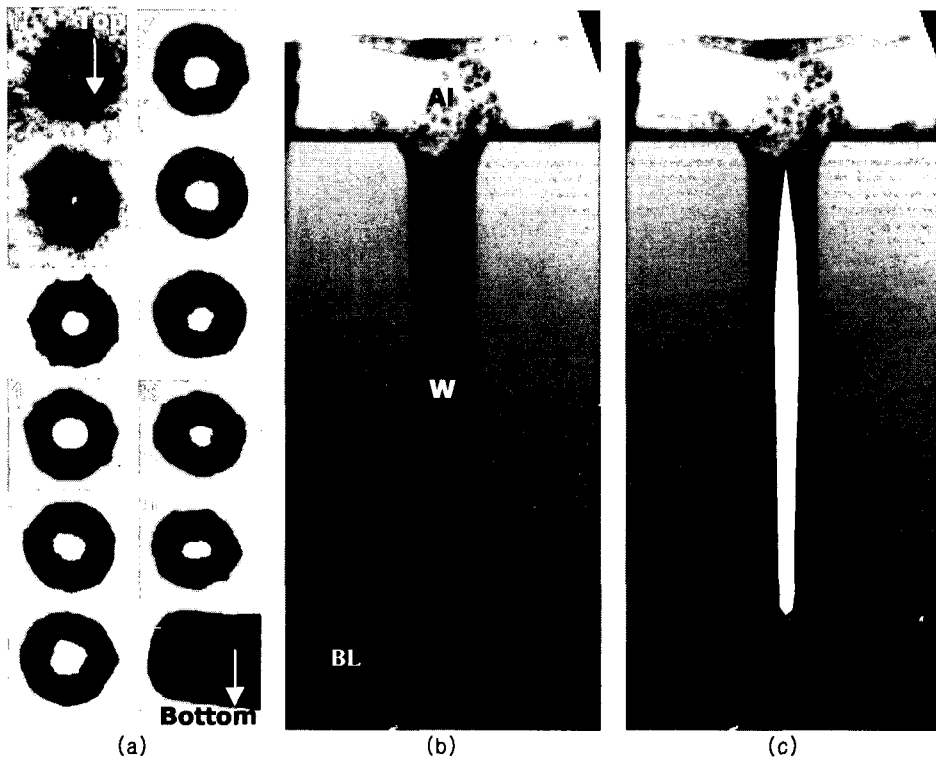


Figure 6. (a) Tilted Plan-view TEM Images (b) Conventional Cross Sectional TEM Image
(c) Estimated Contact Profile of a Metal 1 Contact